

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01R 31/12 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2023103920, 21.02.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.02.2023Дата регистрации:
28.07.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.02.2023

(45) Опубликовано: 28.07.2023 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

420066, Респ. Татарстан, г. Казань, ул.
Красносельская, 51, ФГБОУ ВО "Казанский
государственный энергетический университет",
Низамиев Марат Фирденатович

(72) Автор(ы):

Иванов Дмитрий Алексеевич (RU),
Галиева Татьяна Геннадьевна (RU),
Ярославский Данил Александрович (RU),
Садыков Марат Фердинантович (RU),
Малаева Ева Денисовна (RU),
Горячев Михаил Петрович (RU),
Мочалов Николай Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Казанский государственный
энергетический университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 211126 U1, 23.05.2022. RU 2731169
C1, 31.08.2020. RU 68704 U1, 27.11.2007. RU
2483315 C1, 27.05.2013. RU 185311 U1, 29.11.2018.
WO 2012018864 A1, 09.02.2012.(54) УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ
ИЗОЛЯТОРОВ С МОДУЛЕМ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

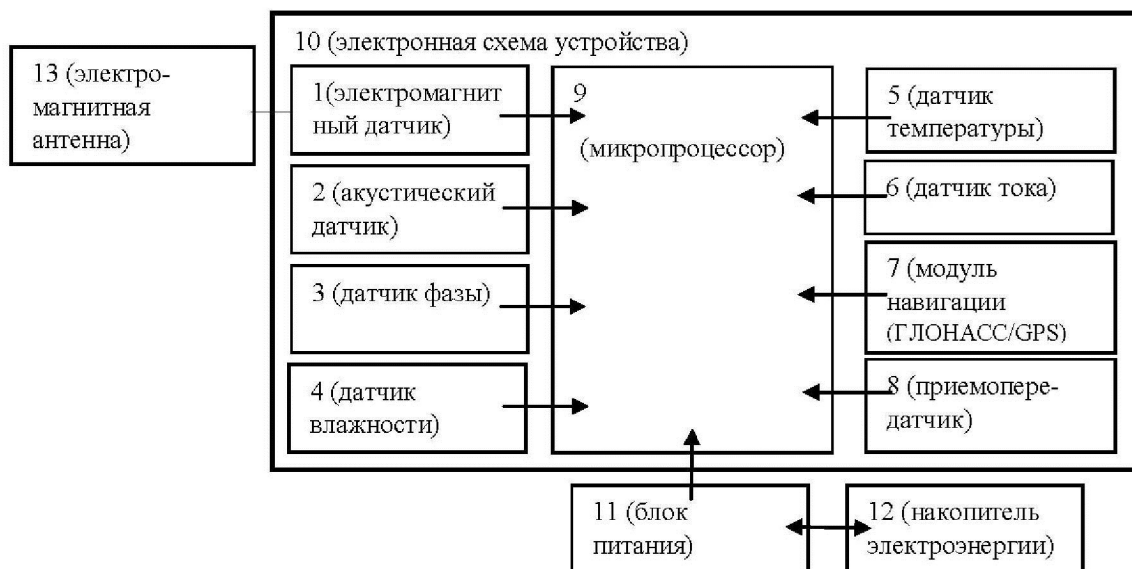
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области электротехники и может быть использована для дистанционного мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов. Техническим результатом является упрощение процесса диагностики состояния высоковольтных изоляторов и расширение функциональных возможностей за счет установки устройств на провода ВЛЭП вблизи изоляторов с безбатарейной системой питания и регистрации электромагнитного и акустического сигналов разрядных процессов в изоляции в непрерывном режиме с синхронным накоплением с фазой сетевого напряжения, с учетом температуры и влажности окружающего воздуха. Технический результат достигается тем, что устройство мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов с модулем

регистрации частичных разрядов, устанавливаемое на фазном проводе ВЛЭП между двумя опорами на заданном расстоянии от высоковольтных изоляторов и содержащее на одной печатной плате электромагнитный датчик, акустический датчик, датчик фазы, датчик температуры, датчик влажности, датчик тока, модуль навигации, которые связаны со входами микроконтроллера, в котором на основании сигналов от упомянутых датчиков формируется информация о техническом состоянии высоковольтных изоляторов. Выход микроконтроллера соединен с приемопередатчиком, предназначенным для связи с диспетчерским пультом. Электроснабжение датчиков, модуля навигации, микроконтроллера и приемопередатчика, установленных на электронной схеме устройства, осуществляется

от блока питания, выполненного в виде магнитопровода, установленного на высоковольтном проводе ВЛЭП, служащем первичной обмоткой трансформатора, который снабжен вторичной обмоткой трансформатора, подающей питание на электронную схему устройства, причем с блоком питания также соединен и накопитель электроэнергии. Согласно настоящей полезной модели электромагнитный и акустический датчики обеспечивают

непрерывное сканирование электромагнитного и акустического сигналов частичных разрядов, а микроконтроллер обеспечивает их синхронное накопление с фазой сетевого напряжения, с учетом температуры и влажности окружающей среды и дает оценку технического состояния высоковольтного изолятора на основе определения фазового угла возникновения частичных разрядов.



Полезная модель относится к области электротехники и может быть использована для дистанционного мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов.

Известны устройства, реализующие способ бесконтактной дистанционной диагностики состояния высоковольтных изоляторов (RU №2679759 МПК G01R 31/12 (2018.08); RU 2359280 МПК G01R 31/12 (2006.01)), в которых осуществляется пассивный бесконтактный прием электромагнитного излучения частичных разрядов в ультракоротковолновом диапазоне направленной антенной.

Известно устройство, реализующее способ бесконтактного и дистанционного контроля электропрочности гирлянд изоляторов воздушных высоковольтных линий электропередачи (см. RU 2058559 С1, 20.04.1996), работа которого сводится к тому, что сначала сигналом устройства индикации, прошедшим через антенну метрового диапазона, первый усилитель, полосовой фильтр и детектор, определяют опору линии электропередачи, содержащую гирлянду, потерявшую прочность. Затем формируют приемопередатчиком СВЧ-излучение в диапазоне 3-30 ГГц и через антенну с узкой диаграммой направленности облучают последовательно гирлянды изоляторов, принимают отраженный сигнал, при этом о неисправной гирлянде судят (показания индикатора) по появляющейся взаимосвязи между характеристиками СВЧ-сигналов, отраженных от гирлянды, сигналов ВЧ-излучения метрового диапазона волн и сигналов высокого напряжения промышленной частоты (антенна, принимающая сигнал промышленной частоты) приложенного к гирляндам изоляторов.

Недостатком данных способов является то, что измерения необходимо проводить периодически, устанавливая блоки приема и обработки сигналов стационарно на земле на некотором расстоянии от изоляторов на земле. В случае протяженной воздушной линии электропередач (ВЛЭП), специалист должен пройти десятки километров для проверки всех объектов исследования. Кроме того, диагностика проводится только в сухую погоду, при низкой влажности и в отсутствие тумана, хотя известно, что влажность прямо пропорционально влияет на амплитуду разрядных процессов и более того, разряды на загрязненном изоляторе в сухую погоду могут вовсе отсутствовать (Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2021. №1. С.1-8).

Известны устройства, реализующие способы бесконтактной диагностики высоковольтных изоляторов, использующих несколько методов диагностики. Рассмотрим эти устройства.

Устройство, реализующее способ синхронизации акустического и электромагнитного излучения от частичных разрядов (ЧР) и фазного напряжения (RU 2483315 С1, 27.05.2013). В данном устройстве при помощи электромагнитной и акустической антенн регистрируют электромагнитные и акустические сигналы излучения от частичных разрядов, синхронизированные с фазой высокого напряжения, накапливают их по узким фазовым интервалам в блоке памяти (персональном компьютере). После этого это фазовое распределение числа импульсов и интенсивности (заряда) сравнивают с ранее записанным распределением аналогичных сигналов для эталонного изолятора. Выделяют по определенной компьютерной программе сигналы, превышающие безопасный для нормального функционирования уровень, выявляют изоляторы с дефектами и определяют возможность их дальнейшего функционирования.

Устройство, реализующее способ синхронизации электромагнитного, инфракрасного излучения частичных разрядов с синхронизацией по фазе (RU 2566391 С1, 27.10.2015). Сущность изобретения заключается в следующем: одновременно с пассивным приемом электромагнитным приемником электромагнитного излучения от частичных разрядов осуществляют пассивный прием инфракрасным приемником ИК излучений от частичных

разрядов, индикацию и совместную компьютерную обработку электромагнитных и ИК сигналов, синхронизацию электромагнитных и ИК сигналов с фазой высокого напряжения, накопление их по узким фазовым интервалам.

Устройство, реализующее способ бесконтактного дистанционного контроля
 5 технического состояния высоковольтных линейных изоляторов воздушных линий электропередач (RU 2753811 C1 23.08.2021). Сущность изобретения заключается в одновременной узконаправленной регистрации ИК- и УКВ-излучений частичных
 10 разрядов, акустического излучения частичных разрядов, сигналы которых синхронизируются с фазой высокого напряжения промышленной сети. Дополнительно регистрируется фотовидеоизображение исследуемого линейного изолятора. Регистрация излучений частичных разрядов фазы высокого напряжения промышленной сети, фотовидеоизображений изолятора осуществляется датчиками регистрации,
 15 установленными на БИЛА. Периодические измерения излучений частичных разрядов для однотипных по классу напряжения изоляторов проводятся с одинакового расстояния. Регистрация излучений частичных разрядов проводится на таком расстоянии, что в апертуре датчиков регистрации сигналов частичных разрядов находится преимущественно поверхность исследуемого линейного изолятора. Информация, полученная датчиками регистрации излучений, датчиком фазы, а также информация с датчика расстояния и датчика фотовидеофиксации передается по каналу
 20 радиосвязи на наземный мобильный блок управления и обработки данных, располагающийся на безопасном расстоянии от ВЛЭП.

Недостатками устройств, реализующих эти изобретения, является сложность процедуры синхронизации с нескольких физических каналов различных сигналов разной природы и с наложением на фазу высокого напряжения. В данных способах измерения
 25 проводятся периодически, с обходом специалистов (RU 2483315 C1, 27.05.2013), что при протяженных линиях занимает весьма длительное время, либо посредством летательных аппаратов (RU 2753811 C1, 23.08.2021), что возможно только в сухую и безветренную погоду. Обходы и облеты проводятся в дневное время, возможно при низкой влажности и в отсутствие тумана, хотя известно, что влажность прямо
 30 пропорционально влияет на амплитуду разрядных процессов и более того, разряды на загрязненном изоляторе в сухую погоду могут вовсе отсутствовать.

Известно устройство для системы непрерывного контроля состояния изолирующих конструкций (RU 2731169 C1 СПК G01R 31/08 (2020.02)), которое обеспечивает непрерывную регистрацию различных состояний изолирующей конструкции с указанием
 35 наличия частичных электрических разрядов на изоляции и перекрытии изоляции дуговым разрядом (короткого замыкания). Недостатком прототипа является то, что отсутствует синхронизация с фазой напряжения, температурой и влажностью воздуха, а также предполагается автономное питание независимое от сети, что значит необходимо менять источники питания датчиков.

Прототипом является устройство оперативного онлайн-мониторинга технического состояния высоковольтных воздушных линий электропередачи (RU 211126 U1
 40 23.05.2022), позволяющее контролировать техническое состояние высоковольтных изоляторов в режиме реального времени. Модуль регистрации высокочастотного электромагнитного излучения представляет собой магнитную антенну с сердечником из феррита или аморфного магнитомягкого сплава, что позволяет регистрировать только магнитную составляющую электромагнитного излучения, и не позволяет регистрировать амплитуду частичных разрядов, а вследствие и уровень состояния изоляторов. Кроме того, устройство регистрирует каждый отдельный разряд с

дальнейшим их распределением по фазе приложенного напряжения. Но чтобы зарегистрировать каждый ЧР, длительность которого может составлять пикосекунды, необходимо иметь очень высокую производительность и вычислительную мощность приемника, чтобы зарегистрировать и обработать такой массив данных. В данном устройстве сканирование производится в широком диапазоне, что включает в себя и сильные высокочастотные помехи, например, GSM.

Задачей полезной модели является разработка устройства мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов с модулем регистрации частичных разрядов.

Техническим результатом предлагаемого устройства является упрощение процесса мониторинга состояния высоковольтных изоляторов и расширение функциональных возможностей, путем установки устройств на провода ВЛЭП вблизи изоляторов, регистрации акустического излучения и электрической составляющей электромагнитного сигнала частичных разрядов в изоляции в непрерывном режиме с синхронной фильтрацией по фазе сетевого напряжения и с учетом температуры и влажности окружающего воздуха.

Технический результат достигается тем, что электромагнитный и акустический датчики обеспечивают непрерывное сканирование электрической составляющей электромагнитного излучения в диапазоне 868-876 МГц и акустического сигналов частичных разрядов, а микроконтроллер обеспечивает синхронное накопление данных с фазой сетевого напряжения и построение фазовых распределений. Выбор узкого диапазон частот позволяет отстроиться от радиочастотных помех. На основании фазового распределения, учитывая температуру и влажность окружающей среды, так как от температуры и влажности зависит интенсивность и амплитуда разрядов, микроконтроллер определяет техническое состояние высоковольтного изолятора: «нормальное» техническое состояние; «ухудшенное» (есть риск пробоя); «предаварийное» (предельный риск, необходима замена или очистка).

Сущность полезной модели поясняется чертежом, где на фиг.1 изображена его структурная блок-схема.

На чертеже цифрами обозначены:

- 1 - электромагнитный датчик (868-876 МГц);
- 2 - акустический датчик;
- 3 - датчик фазы;
- 4 - датчик температуры
- 5 - датчик влажности;
- 6 - датчик тока;
- 7 - модуль навигации (ГЛОНАСС/GPS);
- 8 - приемопередатчик;
- 9 - микроконтроллер;
- 10 - электронная схема устройства;
- 11 - блок питания;
- 12 - накопитель электроэнергии;
- 13 - антенна для приема электрической составляющей электромагнитного излучения (868-876 МГц);
- 14 - антенна для приема акустического излучения.

Устройство мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов с модулем регистрации частичных разрядов, устанавливаемое на каждом фазном проводе ВЛЭП между двумя опорами и содержащее на одной печатной плате электромагнитный датчик (диапазон 868-876 МГц) 1, акустический датчик 2, датчик фазы 3, датчик

температуры 4, датчик влажности 5, датчик тока 6, модуль навигации (ГЛОНАСС/GPS) 7, приемопередатчик 8, блок питания 11, связанные со входами микроконтроллера 9, в котором на основе сигналов от упомянутых датчиков формируется оценка технического состояния высоковольтного изолятора на основе определения фазового угла возникновения ЧР, при этом выход микроконтроллера 9 соединен с приемопередатчиком 8, предназначенным для связи с диспетчерским пультом, а электроснабжение датчиков 1, 2, 3, 4, 5, 6 модуля навигации 7, микроконтроллера 9 и приемопередатчика 8, установленных на электронной схеме 10 устройства, осуществляется от блока питания 11, выполненного в виде магнитопровода, установленного на высоковольтном проводе ВЛЭП, служащем первичной обмоткой трансформатора, который снабжен вторичной обмоткой трансформатора, подающей питание на электронную схему 10 устройства, причем с блоком питания 11 также соединен и накопитель 12 электроэнергии.

Отличием предлагаемого устройства мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов с модулем регистрации частичных разрядов от прототипа является то, что электромагнитный датчик с электромагнитной антенной позволяет регистрировать электрическую составляющую электромагнитного поля частичных разрядов (что позволит определять амплитуду и уровень технического состояния изоляторов); производить синхронную фильтрацию данных (накопление и усреднение в режиме реального времени) по фазе сетевого напряжения, что позволит отстроиться от радиочастотных помех, так как частичные разряды появляются в определенном фазовом угле; сократить объем данных и упростить их обработку, так как определяется не каждый отдельный разряд, а только фазовый угол их возникновения; оценка технического состояния высоковольтного изолятора производится в период максимальной относительной влажности, так как от нее зависит интенсивность ЧР; определение уровня разрядной активности позволит локализовать дефектную гирлянду, а не только пролет ВЛЭП.

Определение технического состояния высоковольтного изолятора производится микроконтроллером по следующему алгоритму:

1. Сохранение массива данных с акустического 2, электромагнитного 1 датчиков и датчика фазы 3.

2. Разбиение массива данных на интервалы длительностью 1 период сетевого напряжения.

3. Почленное сложение и деление на число итераций (10 ты. периодов).

4. Построение фазовых характеристик и определение фазового угла начала возникновения частичных разрядов.

5. Сохранение данных с датчика температуры 4 и влажности 5 окружающей среды.

6. Оценка технического состояния при максимальной относительной влажности на основании фазового угла начала возникновения частичных разрядов (если $\Delta\phi = 80-90$ градусов, то состояние определено как «Нормальное» (дальнейшая эксплуатация возможна), $\Delta\phi = 45-80$ градусов «Ухудшенное» (есть риск пробоя), $\Delta\phi < 45$ градусов «Предаварийное» (необходима замена изолятора)).

Далее данные с микроконтроллера 9 передаются с помощью приемопередатчика 8 на диспетчерский пункт, где в специально разработанной программе идет обработка фазовых распределений с группы устройств у каждой опоры. По максимальной амплитуде фазовых распределений определяется фаза, на которой установлена дефектная гирлянда изоляторов. В случае, если опора двуцепная и имеет несколько гирлянд изоляторов на одной фазе, то локализация производится следующим образом:

зная расстояние от устройств до каждой гирлянды изоляторов, методом совершенной индукции программа «пробует» каждую гирлянду в качестве единственного источника излучения, переопределенная система уравнений решается методом наименьших квадратов, оценивая при этом максимальное отклонение.

5 Блок питания 11 может быть выполнен с возможностью отбора мощности с электростатической составляющей электромагнитного поля. Благодаря этому, питание устройства мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов может осуществляться от провода с большой величиной силы тока и не зависит от изменения величины силы тока в проводе, так как на величину отбираемой мощности
10 преимущественно влияет только напряжение ВЛЭП.

Питание электронной схемы 10 устройства осуществляется от блока питания 11 и по ней подводится к микроконтроллеру 9, приемопередатчику 8, модулю навигации 7, датчикам 1-6. Благодаря блоку питания 11 осуществляется отбор энергии с электромагнитного поля вокруг фазного провода, которая идет на электроснабжение
15 электронной схемы 10 устройства и подзарядку накопителя электроэнергии 12. Энергия, запасенная в накопителе 12, в дальнейшем может быть использована для электроснабжения электронной схемы 10 устройства при перебоях с электропитанием, обеспечивая передачу информации в течение некоторого времени, используя накопленный заряд энергии.

20 Все составные части устройства мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов с модулем регистрации частичных разрядов находятся в конструктивном единстве, на одной печатной плате и в одном корпусе, в котором имеются специальные не позволяющие проникать влаге в корпус отверстия для антенн, датчиков температуры и влажности.

25 Таким образом, предлагаемая полезная модель имеет более широкие возможности благодаря тому, что устройство мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов с модулем регистрации частичных разрядов позволяет контролировать техническое состояние высоковольтных изоляторов и выявлять дефекты или их загрязнения на ранних стадиях в режиме реального времени.

30

(57) Формула полезной модели

Устройство мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов с модулем регистрации частичных разрядов, устанавливаемое на фазном проводе ВЛ между двумя опорами на заданном расстоянии от высоковольтных изоляторов и
35 содержащее на одной печатной плате в одном корпусе электромагнитный датчик, акустический датчик, датчик фазы, датчик температуры, датчик влажности, датчик тока, модуль навигации, которые связаны со входами микроконтроллера, в котором на основании сигналов от упомянутых датчиков формируется информация о техническом состоянии высоковольтных изоляторов, при этом выход микроконтроллера соединен
40 с приемопередатчиком, предназначенным для связи с диспетчерским пультом, в котором на основе данных от микроконтроллера выявляется дефектная гирлянда изоляторов, а электроснабжение датчиков, модуля навигации, микроконтроллера и приемопередатчика осуществляется от блока питания, установленного в этом же корпусе, выполненного в виде магнитопровода, установленного на высоковольтном
45 проводе ВЛЭП, служащем первичной обмоткой трансформатора, который снабжен вторичной обмоткой трансформатора, подающей питание на электронную схему устройства, причем с блоком питания также соединен и накопитель электроэнергии, отличающееся тем, что акустический и электромагнитный датчики обеспечивают

непрерывное сканирование акустического излучения и электрической составляющей электромагнитного излучения в диапазоне 868-876 МГц частичных разрядов, а микроконтроллер обеспечивает их синхронную фильтрацию с фазой сетевого напряжения и дает оценку технического состояния высоковольтного изолятора на основе определения фазового угла возникновения частичных разрядов, учитывая температуру и влажность окружающей среды.

10

15

20

25

30

35

40

45

